

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

2 314 460

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 75 18655

(54)

Echangeur de chaleur et procédé pour sa mise en œuvre.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.²). F 28 D 9/00; F 28 F 3/10, 21/00.

(22)

Date de dépôt 13 juin 1975, à 16 h 15 mn.

(33)

(32)

(31)

Priorité revendiquée :

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 1 du 7-1-1977.

(71)

Déposant : Société dite : AIR-FROHLICH AG FUR ENERGIERUCKGEWINNUNG,
résidant en Suisse.

(72)

Invention de :

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Société de Protection des Inventions.

La présente invention a trait à un échangeur de chaleur constitué par un empilage de plaques superposées et présentant un écartement entre elles, de préférence en silicates techniques, par exemple, des plaques de verre, ou en matière plastique, les zones marginales de l'empilage de plaques étant alternativement
5 rendues étanches pour la formation de canaux de passage dans lesquels s'effectue l'échange thermique, ainsi qu'un procédé de sa réalisation.

Un tel échangeur de chaleur est connu, par exemple
10 par le DT-PS 920 425 selon lequel des plaques planes sont empilées les unes sur les autres avec des bandes intercalées entre elles formant les canaux jusqu'à ce que la hauteur d'empilage nécessaire à un échange de chaleur avec de faibles pertes soit atteinte. Comme matériau constitutif des plaques et aussi des bandes qui forment
15 les canaux de passage, on utilise généralement un silicate technique, par exemple, du verre ou des matières plastiques ; selon le brevet allemand cité, les plaques et les bandes sont empilées simplement et l'étanchéité du système est obtenue par un serrage de l'ensemble, il est cependant également connu de disposer les bandes
20 de façon adéquate sur les plaques correspondantes et de les coller par exemple.

Les plaques et les bandes d'écartement, qui servent simultanément de joints sur les bords, sont découpées d'habitude aux dimensions voulues dans le matériau en plaques rectangulaires
25 ou carrées du commerce ce qui a pour inconvénient qu'un tel matériau à plaques n'a normalement pas la même épaisseur sur toute sa surface. On sait par expérience que des plaques de départ d'assez grandes dimensions présentant des écarts de l'ordre de grandeur de plusieurs dixièmes de millimètre sur une même plaque, de sorte que
30 si l'on monte un échangeur de chaleur à partir d'un nombre assez élevé de plaques, par exemple 50, 100 ou plus, qu'on colle par une couche mince, les différences faibles s'ajoutent et peuvent amener des irrégularités notables, de l'ordre du centimètre. Dans le cas le plus défavorable il se produit de ce fait des gauchissements
35 des plaques qui produisent des efforts de flexion additionnels et incontrôlables importants dans les plaques échangeuses. Il est vrai qu'il est possible d'agencer les échangeurs de chaleur de façon telle que l'incidence due aux différences de température et de pression entre air entrant et air sortant soit calculée et le matériau échangeur dimensionné en conséquence. Les efforts de flexion
40

additionnels dûs à des phénomènes de gauchissement qui ont leur origine dans le fait que les empilages ont une position de biais, respectivement ne présentant plus de forme géométrique univoque, ne peuvent être obtenus de façon précise par le calcul, ce qui, dans des cas limites, peut amener à la rupture. Ceci se produit en particulier lorsqu'il y a triple addition des défauts et que les différences d'épaisseur entre les plaques, les bandes d'écartement et la couche de collage ont des répercussions particulièrement défavorables.

Par ailleurs, on rencontre des difficultés lorsque partant des plaques utilisées jusqu'alors, on monte des échangeurs de chaleur de dimensions aussi considérables qu'exigent certaines utilisations techniques. Si on part, par exemple, de l'utilisation de plaques de silicates techniques, donc de plaques de verre, il est facile à comprendre que des dimensions considérables, tant dans le plan de la longueur que celui de la largeur, augmentent notablement le risque de rupture, en particulier si on décide de ne pas augmenter en conséquence l'épaisseur des plaques de verre utilisées. Une échappatoire en ce sens amènerait d'autres inconvénients considérables, par exemple, un rendement moindre dans l'échange de chaleur du fait de la plus grande épaisseur du matériau des plaques, mais aussi des coûts de réalisation nettement plus élevés, abstraction faite de ce qu'en raison du matériau des plaques plus épais, il y aura d'une part moins de plaques et par conséquent moins de canaux de passage pour l'échange thermique, d'autre part, il faudra admettre un poids notablement augmenté.

Finalement, sur une très grande plaque de verre, les forces qui s'exercent sur elle et qui peuvent entraîner sa rupture augmentent avec la grandeur de la plaque, ce qui n'a pas à être expliqué de façon plus détaillée.

La présente invention permet de remédier à ces inconvénients et de prévoir un échangeur de chaleur qui est en mesure d'absorber élastiquement les contraintes dûes à différentes forces, même pour des dimensions de plaques très grandes en longueur et en largeur, tout en utilisant un matériau de plaque relativement mince.

Pour résoudre ce problème, l'invention prend comme point de départ l'échangeur de chaleur, supposé connu, mentionné

au début, et elle consiste à disposer, en vue de la réalisation d'empilages de plaques de plus grandes dimensions en longueur et en largeur, des plaques unitaires de dimensions plus faibles, disposées dans un plan déterminé de l'empilage en laissant subsister un faible écartement entre les plaques placées côte à côte, et la zone de passage et de liaison aux suivantes, placées dans un plan dont l'écartement du précédent est donné par l'importance des canaux de passage à réaliser et qui est constituée également par des plaques similaires, est remplie d'un matériau de collage et de joint de consistance tenace, de préférence par une colle synthétique.

10 Dans l'échangeur de chaleur selon l'invention les différentes plaques échangeuses séparent les canaux de passage selon des directions souhaitées, par exemple, pour l'air d'amenée et l'air évacué, ne sont donc plus constituées par une plaque unique de grandes dimensions mais ces plaques qui forment la séparation entre les canaux de passage peuvent être assemblées selon les exigences et 15 selon les données à partir de plusieurs plaques unitaires, la liaison avec les plaques placées au-dessus et celles qui se trouvent dans le même plan s'effectuant avec un matériau de joint élastique et tenace dont les collages sont absolument sûrs, ce qui présente l'avantage supplémentaire d'une liaison élastique-assimilable 20 à une articulation entre les différents niveaux de plaques échangeuses, absorbant sans difficultés tous les genres de contraintes qui s'exercent sur elles, que ces contraintes proviennent de différences dans les épaisseurs des plaques échangeuses elles-mêmes ou de tensions dues aux variations de température, sans que des élévations de pression inadmissibles et dangereuses ne soient à craindre 25 dans le matériau échangeur.

Conformément à un développement ultérieur de l'invention, on pourra encore constituer des colonnes-support entre les 30 différentes plaques dans le sens de la hauteur d'empilage qui confèrent à la totalité de l'échafaudage une solidité supplémentaire et qui sont réalisées par des entretoises d'écartement, définissant la hauteur des canaux, placés dans les canaux de passage ; ces entretoises ont soit une hauteur invariable ou sont constituées de 35 préférence du même matériau de collage, élastique et de consistance tenace, de sorte qu'un appui des zones intermédiaires de l'échangeur de chaleur est également possible.

Finalement, il est également avantageux si les joints des bords, donc les éléments d'étanchéité, qui constituent la structure des canaux proprement dits, sont constitués par le même matériau adhésif, de sorte qu'un tel échangeur de chaleur peut réagir comme
5 un seul bloc aux tensions qui se produisent. Il est cependant évident que la mise en place d'éléments d'écartement et d'éléments assurant les joints sur les zones marginales n'est pas absolument indispensable.

D'autres développements de l'invention font l'objet
10 des sous-revendications et sont consignés dans celles-ci.

Dans la suite sont explicités plus en détail le montage et le mode d'action d'un exemple d'exécution de l'invention ainsi qu'un procédé de sa réalisation au moyen de figures. On verra sur :

- 15 - Fig. 1 un exemple d'exécution d'un échangeur de chaleur représenté en perspective et à échelle fortement réduite.
- Fig. 2 une coupe le long de la ligne 2 - 2 de la figure 1 pour montrer les éléments d'écartement, et
- Fig. 3 une représentation à plus grande échelle de
20 la zone de passage et de liaison des plaques échangeuses placées l'une à côté de l'autre sur un niveau, au niveau supérieur situé immédiatement au-dessus.

Sur la figure 1, un exemple d'exécution d'un échangeur de chaleur est désigné par 1 ; l'échangeur de chaleur est constitué par des plaques échangeuses 2, 3, 4, 5 disposées parallèlement
25 les unes par rapport aux autres et empilées dans l'exemple d'exécution représenté à intervalles réguliers les unes au-dessus des autres.

Sur des exemples d'exécution à l'échelle industrielle, il est souvent nécessaire de prévoir des surfaces d'échange très
30 importantes, de sorte que les dimensions en longueur et en largeur des plaques échangeuses 2, 3, 4 et 5 prévues pour l'échange thermique par conséquent, l'extension dans la direction des flèches doubles A et B, doivent être très grandes.

On a déjà signalé le fait qu'une augmentation dans
35 le plan A - B entraîne obligatoirement une augmentation de l'épaisseur des plaques échangeuses pour obtenir une solidité au moins égale. Ceci est cependant défavorable comme on l'a déjà mentionné.

Selon une caractéristique de l'invention, les différentes plaques échangeuses 2, 3, 4, 5 etc sont donc assemblées à partir d'un nombre assez élevé, au moins deux plaques unitaires 2a et 2b, 3a et 3b, etc., qui peuvent être en matériau à plaques 5 sensiblement plus mince et qui sont déjà disponibles, découpées aux dimensions appropriées, de sorte qu'on est dispensé des complications d'un stock de matériau à plaques échangeuses d'épaisseur et de grandeur différentes.

Le montage s'opère alors de la façon représentée à 10 échelle agrandie sur la figure 3, c'est-à-dire que les plaques élémentaires nécessaires à l'assemblage d'une plaque échangeuse 2 sont placées bout à bout mais de préférence avec un faible écartement comme le représente la figure 3 les unes à côté des autres, ensuite on recouvre la jonction par un entassement cohérent d'un produit de 15 collage qui tout d'abord présente encore la forme comparable par exemple, à celle qui se produit lorsqu'on vide le contenu d'un tube sous pression constante et avec un déplacement simultané le long d'une surface de base. Le produit de collage sert en même temps de joint et à une consistance élastique et tenace, lors de l'applica- 20 tion il est cependant encore relativement liquide, plutôt cohérent par plasticité, et durcit complètement au bout d'un certain temps en donnant une masse tout à fait élastique et tenace.

Comme il ressort de la figure 3, il est possible après application du boudin de produit collant sur les joints, res- 25 pectivement le raccord entre deux plaques élémentaires 2a et 2b, de superposer immédiatement la plaque échangeuse suivante 3, opération au cours de laquelle, par des moyens à décrire de façon plus détaillées par la suite, un écartement précis entre plaque échangeuse 3 et plaque échangeuse 2 est déterminé d'avance. La superposition des 30 éléments partiels 3a et 3b provoque la réunion par écrasement des boudins de produit collant appliqués de façon régulière sur les plaques élémentaires 2a et 2b et à un pressage du produit collant contre toutes les surfaces avec lesquelles il est en contact. En même temps, éventuellement déjà auparavant, une certaine pénétration 35 du produit collant 6 s'effectue dans l'interstice formé entre les plaques élémentaires 2a et 2b, respectivement 3a et 3b, de sorte que de façon favorable une liaison s'établit dans plusieurs plans perpendiculaires les uns par rapport aux autres. En raison de sa consistance visqueuse le produit collant ne continue pas à s'étaler 40 mais reste dans la position qu'il a prise pour durcir finalement

tout en gardant intégralement son élasticité. Le produit de collage et de joint utilisé est un matériau qui colle avec une tenacité extrême aux surfaces avec lesquelles il entre en contact, même s'il s'agit de surfaces de verre au cas où du verre est utilisé comme

5 matériau des plaques échangeuses. C'est précisément avec le verre qu'on obtient une liaison solide et qui ne peut plus être défaite, de sorte que la zone de passage et de liaison de la figure 3 entre les plaques échangeuses 2 et 3, respectivement entre les plaques élémentaires 2a, 2b, et 3a, 3b représente une structure qui ne peut

10 plus être défaite mais très élastique. Simultanément ce produit de collage résiste aux températures élevées et aux agents abrasifs de sorte qu'on obtient une liaison définitive. En tant que produit de collage on utilise de préférence une résine synthétique adéquate, un caoutchouc de silicone exempt d'acide et de solvant, se présentant

15 sous forme de pâte et qui peut être appliqué au pistolet, et qui est stable aux températures allant environ de -60°C à $+250^{\circ}\text{C}$. Un tel caoutchouc de silicone résiste également à la plupart des milieux agressifs de façon parfaite ; il est bien entendu qu'on pourra utiliser également toute autre combinaison appropriée de produits

20 collants qui, en plus d'une bonne résistance aux températures élevées et une résistance aux agents abrasifs, adhère fortement aux parois et présente une élasticité convenable.

On poursuit la mise en place des plaques de la façon indiquée jusqu'à ce que la hauteur d'empilage nécessaire à un échangeur de chaleur donné soit atteinte. Il est recommandé de faire en

25 même temps qu'on superpose les plaques échangeuses de la façon décrite, les joints des bords des plaques échangeuses en alternant les côtés de sorte qu'on réalise des échangeurs de chaleur fonctionnant de la façon usuelle à contre-courant, en courant croisé ou selon le

30 principe de contre-courant et de courant croisé combinés.

Quoiqu'il soit possible de monter les zones marginales avec d'autres couches intermédiaires qui, par exemple, peuvent être constituées par le même matériau que celui des plaques échangeuses, il est à nouveau recommandé de rendre les éléments des joints

35 marginaux élastiques afin d'obtenir une élasticité de l'ensemble de l'échangeur de chaleur et d'utiliser également à cette fin le même produit de collage 6 qui a servi à faire les joints entre les extrémités des plaques élémentaires ainsi que pour fixer et relier ces

plaques élémentaires aux plaques échangeuses du niveau qui suit immédiatement. On applique sur les parties marginales prévues sur les plaques échangeuses 2, 3, 4, 5 les boudins de produit collant et on les relie par pressage sur les plaques échangeuses du niveau
5 suivant comme le représente le jointage marginal portant la référence 8 de la figure 1. Aux endroits où les joints marginaux 8 rencontrent dans la zone de passage et de liaison les matériaux de collage et d'étanchéité 6, comme il est visible sur les figures 1 et 3, on obtient alors un passage uniforme de matériau si le même
10 produit collant a été utilisé.

Il peut être indiqué par ailleurs de monter à des endroits déterminés des plaques échangeuses des entretoises d'écartement 9 dans les canaux de circulation qu'elles forment pour le passage des milieux qui échangent de la chaleur ainsi qu'il ressort
15 de la coupe de la figure 2. De telles entretoises servent à améliorer la rigidité de l'empilage de plaques et sont constituées de préférence par le matériau de collage et de joint déjà cités; de façon rationnelle elles sont mises en place dès le montage de l'empilage de plaques en des positions déterminées des plaques élémentaires inférieures sous forme de petits tas de matériau collant et
20 se collent, lorsqu'on appuie les plaques élémentaires du niveau suivant sur celles du niveau inférieur aux plaques des deux niveaux. Etant donné qu'on place les éléments d'écartement 9 sur un alignement à travers tout l'empilage de plaques et qu'ils n'occupent
25 spatialement qu'un espace réduit, ils constituent avec les zones de matériau des plaques qu'ils recouvrent, des colonnes-support qui, cependant, constituées par une colle élastique, peuvent réagir également de façon élastique.

Il est évident qu'au montage d'un tel empilage
30 destiné aux échanges thermiques on devra tout d'abord intercaler des entretoises d'écartement d'épaisseur absolument constantes, pour maintenir à un écartement parfait les différentes plaques des différents niveaux, autrement le produit collant qui n'a pas encore fait sa prise ou qui n'a pas encore durci se comprimerait de plus en plus.
35 Dès que le produit collant a fait sa prise ou a durci, les entretoises d'écartement, non représentées sur les figures, sont retirées de l'empilage et la consistance tenace du produit de collage prévu sur tous les points assure la forme tout à fait irréprochable de l'empilage de plaques ainsi que son maintien, un tel échangeur de
40 chaleur pouvant néanmoins réagir contre des tensions qui s'exercent

sur lui et les éviter, pratiquement dans toutes les directions, quoique l'échangeur de chaleur soit essentiellement monté à partir d'un matériau parfaitement rigide, dans l'exemple d'exécution même en plaques échangeuses en verre.

5 Il y a donc au total une série considérable d'avantages sans parler de l'insensibilité au transport d'un tel échangeur de chaleur et de sa résistance aux effets des très hautes températures. Le produit collant utilisé pour l'objet du dépôt constitué par un adhésif à base de silicone, est susceptible de supporter les
10 effets de températures allant au maximum jusqu'à 240°C et au-delà même, de sorte qu'un tel échangeur de chaleur peut être utilisé dans une large gamme d'utilisation à l'échelle industrielle. De plus, le matériau utilisé pour les plaques échangeuses, de préférence le verre, est absolument inerte à l'action des produits agressifs et possède une résistibilité extrêmement élevée. L'avantage principal réside finalement dans le fait qu'il est possible pour la première
15 fois, de monter des échangeurs de chaleur à très grandes surfaces échangeuses, les plaques échangeuses utilisées pouvant être en verre très mince, de sorte que, mis à part le prix avantageux à l'achat et la tenue des stocks peu onéreuse des verres nécessaires ainsi que des matériaux, le rendement très élevé d'un tel échangeur de chaleur dévient sensible pour des côtes externes données ou par rapport au poids.

Comme il ressort de la figure 1, un tel échangeur de
25 chaleur est monté dans une enceinte non représentée qui l'entoure et le maintient, le montage s'effectuant tout d'abord par dépôt d'une couche assez épaisse 10 de produit de collage couvrant toute la longueur et toute la largeur de l'échangeur de chaleur, ensuite une couche d'un matériau à plaques relativement épaisse 11 d'un
30 seul tenant est posée, donc de préférence une couche de verre dont l'épaisseur est un multiple de celle des plaques échangeuses proprement dites ; sur cette couche de verre on empile, comme expliqué plus haut, successivement les plaques échangeuses composées de plaques élémentaires, des dispositifs à pistolets pouvant être prévus
35 pour le dépôt du produit adhésif aux endroits voulus, pistolets qui déposent le produit de collage par des buses de pulvérisation en épaisseurs et à consistance égales et uniformes, alors que par exemple, la plaque échangeuse en train d'être garnie de colle subit

un déplacement transversal par rapport aux buses de pulvérisation. Mais il est également possible de maintenir les plaques échangeuses immobiles et de déplacer les buses de pulvérisation, respectivement les dispositifs d'application du produit adhésif, au-dessus
5 de la plaque de façon à obtenir un dépôt absolument régulier du produit adhésif. Un tel échangeur de chaleur peut alors être monté de façon entièrement automatique avec quelques opérations supplémentaires. Le montage de l'empilage de plaques dans l'enceinte non représentée s'effectue alors de la façon habituelle.

REVENDEICATIONS

1. Echangeur de chaleur composé d'un empilage de plaques superposées et présentant entre elles un écartement, de préférence en silicates techniques, par exemple des plaques de verre, ou en matière plastique, dans lequel, pour former des canaux de circulation séparés qui serviront à l'échange de chaleur, les zones marginales de l'empilage de plaques sont rendues étanches alternativement, caractérisé en ce que pour constituer des empilages de plaques de longueur et de largeur considérables, des plaques élémentaires de dimensions plus faibles sont disposées bout à bout avec un faible écartement les unes à côté des autres dans un plan donné et en ce que la zone de passage et de liaison aux plaques élémentaires suivantes, disposées de la même manière dans un plan déterminé à l'avance par la grandeur des canaux de circulation et rempli de plaques élémentaires, est remplie et recouverte par un matériau de collage et de joint de consistance tenace, de préférence par un adhésif synthétique.

2. Echangeur de chaleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour assurer l'élasticité de l'empilage de plaques, on utilise comme matériau de collage un adhésif à base de silicone qui, après durcissement ou prise, conserve son élasticité et ses propriétés adhésives, et qui a une stabilité élevée aux hautes températures ainsi qu'une bonne résistance à l'action des produits abrasifs.

3. Echangeur de chaleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que des éléments d'étanchéité marginaux sont constitués par le même matériau adhésif et élastique que celui utilisé pour les zones de passage et de liaison à l'intérieur de l'empilage.

4. Echangeur de chaleur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à des emplacements prédéterminés de l'empilage de plaques des entretoises d'écartement en matériau adhésif élastique sont disposées dans chaque canal de circulation, qui forment avec les sections de plaques échangeuses situées entre elles des colonnes support dont le nombre et l'écartement les unes des autres sont déterminés par les exigences de rigidité de l'échangeur de chaleur.

5. Echangeur de chaleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau de collage et de joint est disposé de telle façon dans les zones de passage et de liaison des plaques élémentaires ainsi que par rapport aux plaques des niveaux suivants, 5 qu'il participe à la séparation des canaux de circulation et/ou qu'il se trouve dans le sens longitudinal de passage de la circulation du milieu.

6. Echangeur de chaleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'empilage de plaques est constitué par une 10 première couche épaisse de matériau de collage et de joint et d'une plaque d'assise, d'un seul tenant, dont l'épaisseur est supérieure à l'épaisseur des plaques échangeuses, posée sur la couche, plaque sur laquelle sont montées les plaques échangeuses composées de plaques élémentaires et que l'empilage de plaques est entouré d'un 15 cadre porteur.

7. Procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que sur les plaques élémentaires disposées bout à bout dans un plan donné, on met en place des entretoises d'écartement d'épaisseur constante, et que 20 sur les interstices de jonction, sur les zones marginales, et éventuellement dans la zone dégagée du milieu, on applique un matériau adhésif de consistance tenace, restant élastique après sa prise, que sur la plaque échangeuse ainsi préparée, on place les plaques élémentaires de la plaque échangeuse du niveau suivant, 25 et qu'on exerce une pression sur elles-ci pour obtenir la liaison avec le produit adhésif, et qu'après la prise de l'adhésif les entretoises d'écartement sont retirées.

Fig. 1

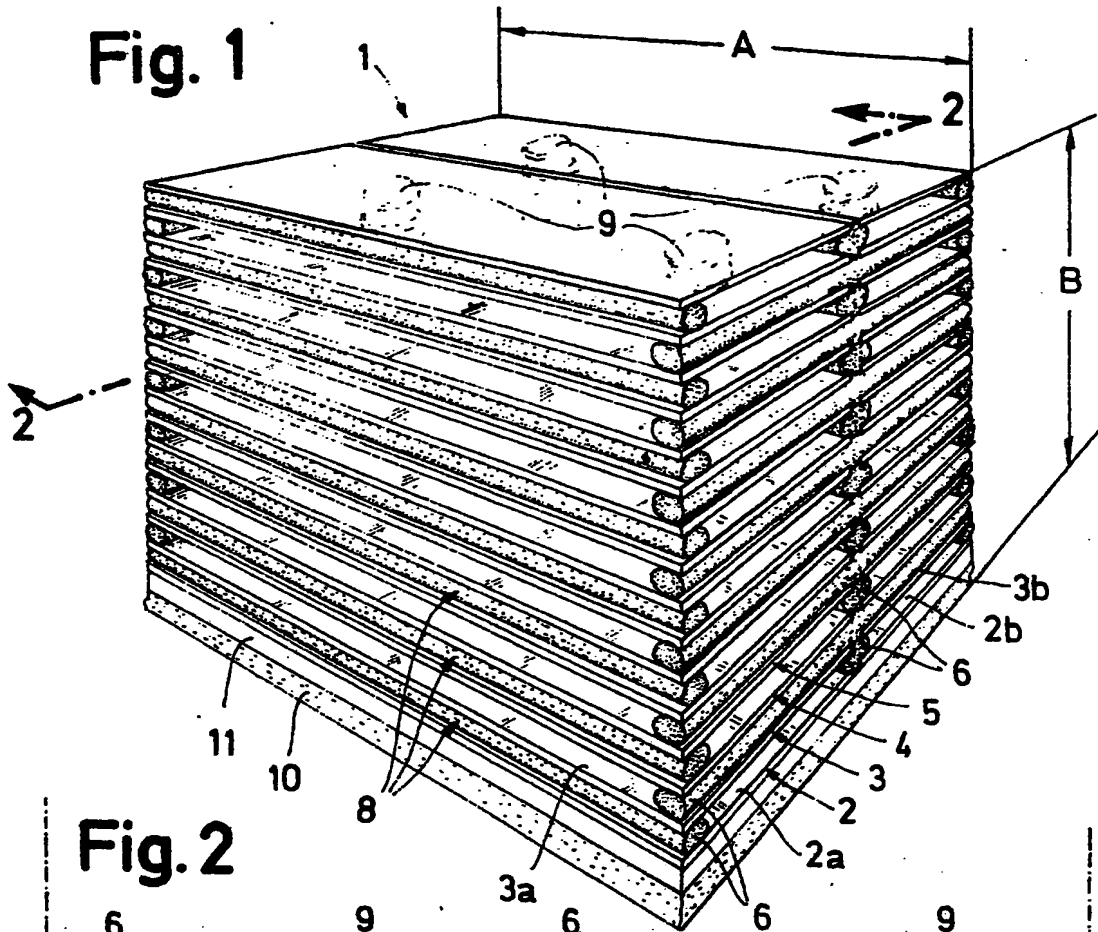


Fig. 2

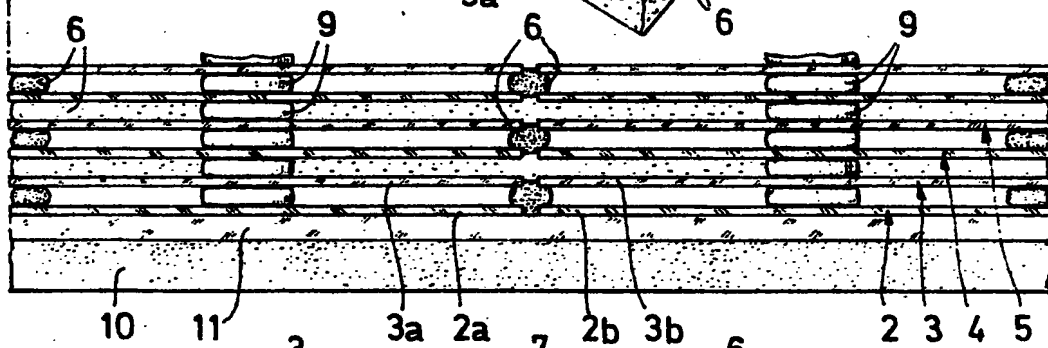
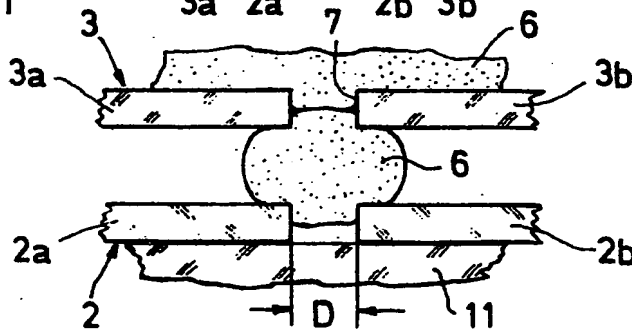


Fig. 3



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS.
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.